



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 24 790 B4** 2004.10.21

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **102 24 790.0**  
(22) Anmeldetag: **04.06.2002**  
(43) Offenlegungstag: **08.01.2004**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **21.10.2004**

(51) Int Cl.7: **G01P 15/09**

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(71) Patentinhaber:  
**Infineon Technologies AG, 81669 München, DE**

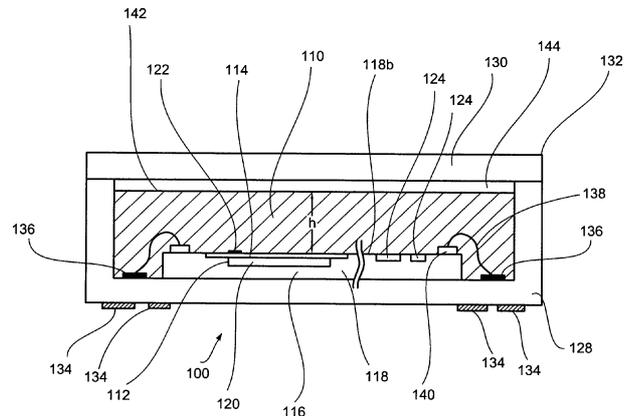
(74) Vertreter:  
**Schoppe, Zimmermann, Stöckeler & Zinkler, 82049 Pullach**

(72) Erfinder:  
**Werner, Wolfgang, Dr.-Ing., 81545 München, DE;  
Kolb, Stefan, 85716 Unterschleißheim, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:  
**DE 32 28 149 C2**  
**DE 198 39 122 A1**  
**DE 196 26 086 A1**  
**DE 691 26 501 T2**

(54) Bezeichnung: **Beschleunigungssensor und Verfahren zum Herstellen eines Beschleunigungssensors**

(57) Hauptanspruch: Beschleunigungssensor (200) mit folgenden Merkmalen:  
einer Druckmeßmembran (212);  
einer von der Druckmeßmembran beabstandeten Gegenstruktur (116; 214);  
einer Testmasse (218), die mit der Gegenstruktur (214) verbunden ist, um abhängig von einer angelegten Beschleunigung aus einer Ruheposition ausgelenkt zu werden, wobei eine Auslenkung der Testmasse (218) zu einer Änderung eines Abstands zwischen der Druckmeßmembran (212) und der Gegenstruktur (214) führt; und  
einer Erfassungseinrichtung (122) zum Erfassen des Abstands oder der Änderung des Abstands zwischen der Druckmeßmembran (212) und der Gegenstruktur (214).



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf das Gebiet von Beschleunigungssensoren.

**[0002]** Beschleunigungssensoren finden heutzutage in vielen Bereichen und insbesondere auf dem Gebiet der Kraftfahrzeugtechnik zunehmend Verwendung. Beispielsweise werden Beschleunigungssensoren bei Kraftfahrzeugen als sensitive Elemente für Anwendungen wie Airbags, Klopfensoren oder ein intelligentes Fahrwerk verwendet.

### Stand der Technik

**[0003]** Im Stand der Technik ist es bekannt, Beschleunigungssensoren aus einer Feder und einer aufgehängten Masse zu bilden. Ein bekannter Beschleunigungssensor ist beispielsweise in Frank Goodenough, "Airbags boom when IC accelerometer sees 50 G", Electronic Design 45, 8. August 1991 beschrieben. Der Beschleunigungssensor weist eine Testmasse auf, die mittels Federn, die beispielsweise jeweils an gegenüberliegenden Seiten eines ersten und zweiten Endes der Testmasse angeordnet sind, mit einem Substrat verbunden ist. Bei dem Auftreten einer Beschleunigung oder Verzögerung wird die Testmasse ausgelenkt, wobei eine Erfassung der Auslenkung kapazitiv oder mittels Piezoeffekt erfolgen kann.

**[0004]** Bei einer kapazitiven Erfassung ist die Masse typischerweise als eine Platte ausgeführt, die mit einer der Platte gegenüberliegenden Elektrode einen Kondensator bildet. Wird die Masse bei einer Beschleunigung oder einer Verzögerung ausgelenkt, so ändert sich die Kapazität des Kondensators, so daß die gemessene Kapazität ein Maß für die Beschleunigung darstellt. Bringt man auf die Federn Widerstände auf, so kann die Auslenkung der Masse und damit die Beschleunigung auch mittels Piezoeffekt gemessen werden. Ferner kann bei einer kapazitiven Erfassung die Masse auch als ein Kamm ausgeführt sein, dessen Zinken beweglich zwischen Elektroden angeordnet sind. Die Anordnung der Zinken in den Elektroden ermöglicht eine empfindliche Erfassung, da bei einer Auslenkung der Masse eine hohe Kapazitätsänderung zwischen den Zinken und den Elektroden hervorgerufen wird.

**[0005]** Die Herstellung des oben beschriebenen Beschleunigungssensors wird heutzutage typischerweise mittels einer Volumen-Mikromechanik-Bearbeitung (bulk-micro-machining) oder einer Oberflächen-Mikromechanik-Bearbeitung (surface micro-machining) durchgeführt.

**[0006]** Strukturen und Herstellungsverfahren von bekannten Beschleunigungssensoren sind beispielsweise in der oben genannten Druckschrift erklärt.

**[0007]** Ein anderer Typ von mikromechanisch erzeugbaren sensitiven Elementen, die heutzutage vielfach eingesetzt werden, stellt ein Drucksensor dar. Bekannte Drucksensoren werden heutzutage beispielsweise auf dem Gebiet der Kraftfahrzeugtechnik als Seitenairbagsensoren oder zur Motorsteuerung verwendet.

**[0008]** Die bekannten Drucksensoren weisen eine allseits eingespannte Membran auf, die sich bei einer Druckbelastung durchbiegt. Die Membran und die Gegenstruktur definieren typischerweise einen luftdicht abgeschlossenen Hohlraum, der ein Vakuum oder einen sehr geringen Druck aufweist. Eine Durchbiegung der Membran ergibt sich abhängig von dem inneren Druck des Hohlraums und dem äußeren an der Membran anliegenden Umgebungsdruck. Da der Hohlraum gegenüber der Umgebung luftdicht abgeschlossen ist, stellt die Durchbiegung der Membran ein Maß für den an der Membran anliegenden Außendruck dar. Die Durchbiegung kann wie bei dem bekannten Beschleunigungssensor auf eine kapazitive Weise oder mittels des Piezoeffekts erfaßt werden.

**[0009]** Ein bekannter Drucksensor, bei dem eine Auswerteschaltung mittels Siliziumplanartechnik monolithisch integriert ist, ist beispielsweise in H.-J. Timme et al. "Monolithic Pressure Sensor Microsystems", Sensor 97 Int. Congress, Nürnberg, 13. – 15. Mai 1997 beschrieben.

**[0010]** Im Unterschied zu den oben beschriebenen bekannten Beschleunigungssensoren, bei denen die Testmasse zur Erhöhung der Empfindlichkeit möglichst groß sein sollte, ist es bei dem Drucksensor vorteilhaft, eine möglichst dünne und gewichtsarme Membran vorzusehen. Dies ermöglicht eine hohe Flexibilität der Membran und ferner eine geringe Beeinflussung, wenn der Drucksensor einer Beschleunigung ausgesetzt ist.

**[0011]** Ferner kann ein Drucksensor zum Verhindern einer Kontamination durch schädliche Bestandteile oder einer Korrosion mittels eines fließfähigen Füllmittels, beispielsweise eines Gels, geschützt werden. Ein Sensor-Bauelement, bei dem ein derartiger Schutz vorgesehen ist, ist beispielsweise in der Druckschrift DE 196 26 086 A1 beschrieben.

**[0012]** Ein wesentlicher Vorteil der Drucksensoren besteht darin, daß dieselben auf eine preiswerte und einfache Art und Weise herstellbar sind. Im Gegensatz zu den Beschleunigungssensoren, bei denen umfangreiche und präzise Ätzvorgänge zur Erzeugung der dünnen Federn erforderlich sind, ist es bei Drucksensoren lediglich erforderlich, eine Membran und eine Gegenstruktur zu erzeugen.

**[0013]** Das Erzeugen der Membran und der Gegen-

struktur kann bei einer Mikromechanik-Oberflächen-Bearbeitung beispielsweise derart erfolgen, daß eine Opferschicht, die zwischen einem Substrat und der Membran angeordnet ist, mittels Ätzlöchern, die in der Membran erzeugt wurden, isotrop geätzt wird, so daß in der Opferschicht ein Hohlraum gebildet wird. Daraufhin werden die Ätzlöcher in der Membran verschlossen. Die Empfindlichkeit des Drucksensors kann durch das Vorsehen von Gräben an einem Rand der Membran festgelegt werden. Ferner kann auf der Membran ein Vorsprung gebildet sein, der Oxidmaterial, wie beispielsweise BPSG-Material (BPSG = Phosphor-Silizium-Glas), Plasma-Oxide oder Plasma-Nitrid aufweist.

**[0014]** Die DE 3228149 C2 zeigt einen Sensor zum Erfassen von Beschleunigungen, bei dem ein Drucksensorelement an einem Ansatz eines Gehäuses angeordnet ist. Das Drucksensorelement umfaßt eine Membran, auf der Dehnungsmeßelemente angeordnet sind. In einem der Membran gegenüberliegenden Raum des Gehäuses ist eine Füllung aus kautschukartigem Material gebildet.

**[0015]** Die DE 19839122 A1 offenbart ein mikromechanisches Bauelement, das einen Drucksensor umfaßt, der mit einer Bauelementenschutzschicht überzogen ist, die die Oberflächenstruktur des Sensors umschmiegt. Der Sensor weist eine Membran auf, die über einem Hohlraum angeordnet ist und mit einem Wafer verbunden ist. An seitlichen Enden des Sensors sind ferner Verschlussschichten vorgesehen, um den Sensor vor äußeren Einflüssen zu schützen.

**[0016]** Die DE 69126501 T2 zeigt einen Detektor zum Erfassen einer Kraft oder einer Beschleunigung. Der Detektor umfaßt ein feststehendes Substrat, das einem flexiblen Substrat gegenüberliegt. Das feststehende und das flexible Substrat sind jeweils mit einem Detektorgehäuse verbunden. Ferner ist bei dem Detektor ein Arbeitskörper mit dem flexiblen Substrat verbunden, um eine Kraft oder eine Beschleunigung aufzunehmen und an dasselbe zu übertragen. Zum Erfassen sind auf dem flexiblen Substrat bzw. dem feststehenden Substrat Verlagerungselektroden und feststehende Elektroden vorgesehen, die jeweils Kapazitätselemente bilden.

**[0017]** Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, einen Beschleunigungssensor und ein Verfahren zum Herstellen eines Beschleunigungssensors zu schaffen, bei denen eine einfache und preiswerte Herstellung erreicht werden kann.

**[0018]** Diese Aufgabe wird durch einen Beschleunigungssensor nach Anspruch 1 oder 5 und ein Verfahren zum Herstellen eines Beschleunigungssensors nach Anspruch 16 gelöst.

**[0019]** Die vorliegende Erfindung beruht auf der Er-

kenntnis, daß ein preisgünstiger Drucksensor durch einfache Modifikationen einen teuren Beschleunigungssensor ersetzen kann. Gemäß der vorliegenden Erfindung kann aus einer Drucksensorstruktur, die eine Druckmeßmembran und eine Gegenstruktur aufweist, ein Beschleunigungssensor gebildet werden, indem eine Testmasse mit der Druckmeßmembran oder der Gegenstruktur verbunden wird. Bei einer angelegten Beschleunigung wird die Testmasse aus einer Ruheposition ausgelenkt, wodurch eine Abstandsänderung zwischen der Druckmeßmembran und der Gegenstruktur bewirkt wird, wobei der Abstand und/oder die Abstandsänderung von einer Erfassungseinrichtung erfassbar sind.

**[0020]** Ein Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, daß der erfindungsgemäße Beschleunigungssensor preiswert herstellbar ist, da eine Herstellung eines Drucksensors kostengünstig und einfach ist.

**[0021]** Ein weiterer Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, daß zur Herstellung des erfindungsgemäßen Beschleunigungssensors bestehende Prozeßabläufe verwendet werden können, die bei der Herstellung eines Drucksensors zur Anwendung kommen. Dadurch können Herstellungsschritte, wie beispielsweise eine Lithographie und ein Ätzen, sowohl zur Herstellung eines Drucksensors als auch eines Beschleunigungssensors eingesetzt werden. Dies ermöglicht eine Flexibilität der Herstellung und eine gute Ausnutzung von Vorrichtungen und Prozeßabläufen, die zur Herstellung sowohl eines Drucksensors als auch eines Beschleunigungssensors eingesetzt werden können. Ferner kann das für die Herstellung des Drucksensors erzielte technische Wissen, insbesondere für die fehleranfälligen Lithographie- und Ätzprozesse, für die Herstellung des Beschleunigungssensors eingesetzt werden. Dies erspart bei einer Herstellung des Beschleunigungssensors das aufwendige und zeitraubende Einstellen von Prozeßfluß-Parameter und ermöglicht eine sofort erreichbare hohe Ausbeute mit geringen Ausschußraten.

**[0022]** Bei einem Ausführungsbeispiel weist der Beschleunigungssensor eine Abdeckung auf, die den Beschleunigungssensor vorzugsweise luftdicht abschließt. Dadurch kann der Beschleunigungssensor vor ungewollten Beeinflussungen durch die Umgebung, beispielsweise Schallwellen, geschützt werden. Ferner stellt die Abdeckung sicher, daß die Empfindlichkeit des Sensors nicht von einem äußeren Druck abhängt, der ein Verbiegen der Membran und eine daraus resultierende Änderung der Empfindlichkeit bewirken kann.

**[0023]** Eine Erfassung einer Auslenkung der Druckmeßmembran gegenüber der Gegenstruktur kann beispielsweise eine kapazitive Erfassung und/oder

eine auf dem Piezo-Effekt beruhende Erfassung umfassen. Dabei können für die Drucksensorstruktur vorgesehene Erfassungseinrichtungen und/oder Auswerteschaltungen verwendet werden, wodurch ein neues Entwerfen derselben nicht erforderlich ist und die Herstellung preiswert gehalten ist. Die Auswerteschaltung kann auf dem Substrat integriert sein, so daß aufgrund der kurzen Verbindung zwischen der Erfassungseinrichtung und der Auswerteschaltung eine geringe Beeinflussung des Meßsignals auftritt.

**[0024]** Bei einem Ausführungsbeispiel ist die Testmasse mit der Druckmeßmembran verbunden, so daß die Druckmeßmembran als Auslenkungselement wirkt, das bei einer Beschleunigung ausgelenkt wird. Bei diesem Ausführungsbeispiel weist die Testmasse ein elastisches Material, wie beispielsweise ein Gel, oder eine Flüssigkeit auf, wobei die Elastizität des elastischen Materials größer oder gleich der Elastizität der Membran ist. Damit wird sichergestellt, daß die Testmasse nicht oder nur wenig die Auslenkbarkeit der Membran beeinträchtigt. Diese Beeinträchtigung existiert auch dann nicht, wenn die Testmasse als Flüssigkeit, wie z. B. Öl, ausgebildet ist, wobei die Flüssigkeit durch einen seitlichen Behälter gehalten wird. Damit kann die durch eine Beschleunigung auf die Testmasse wirkende Kraft auf die Membran übertragen werden, um zu einer Auslenkung der Membran aus ihrer Ruheposition zu führen.

**[0025]** Die elastische Testmasse stellt also sicher, daß die Testmasse die durch die Trägheit hervorgerufene gewünschte Kraftwirkung auf die Membran hervorruft, ohne eine Elastizität der Membran wesentlich herabzusetzen. Dies bietet, im Gegensatz zu der Verwendung einer starren Masse, den Vorteil, daß die Testmasse auf die Membran oder auf den ganzen Sensor aufgebracht werden kann, ohne daß die Steifigkeit der Membran zunimmt. Die Verwendung der elastischen Masse ist ferner dahingehend vorteilhaft, daß die elastische Testmasse ganzflächig, beispielsweise als eine Schicht, auf die Membran aufgebracht werden kann, wodurch eine einfache Kopplung der Testmasse an die Druckmeßmembran erreicht wird. Dadurch ist es nicht notwendig, ein aufwendiges und schwieriges Verbinden der Masse lediglich mit einem Teil der Druckmeßmembran, beispielsweise der Mitte der Membran, durchzuführen, wie es bei einer starren Masse notwendig wäre, um eine Auslenkbarkeit der Membran sicherzustellen.

**[0026]** Das flächige Aufbringen schützt ferner die Membran und/oder andere Elemente des Beschleunigungssensors, wie beispielsweise Bauelemente von Schaltungen, vor einer Oxidation oder anderen äußeren Einflüssen, wie beispielsweise einer Kontamination mit Partikeln. Die elastische Testmasse kann ferner eine Dämpfung äußerer Druckeinflüsse bewirken, so daß es bei einem Ausführungsbeispiel möglich ist, den Beschleunigungssensor ohne eine

luftdichte Abdeckung zu betreiben.

**[0027]** Zur Verstärkung der Empfindlichkeit kann die mit der Druckmeßmembran verbundene elastische Testmasse einen Festkörper oder Festkörperteilchen aufweisen, die vorzugsweise ein hohes spezifisches Gewicht aufweisen. Bei einem Ausführungsbeispiel umfaßt die elastische Testmasse ein Plättchen aus einem schweren Metall, das auf die elastische Testmasse, beispielsweise mittels Kleben, aufgebracht ist.

**[0028]** Die elastische Masse kann eine Schicht eines Gels, wie beispielsweise Silicon-Gel, umfassen, wobei dieselbe vorzugsweise eine Dicke aufweist, die größer als 1 mm ist.

**[0029]** Bei einem alternativen Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist die Testmasse mit der Gegenstruktur der Drucksensorstruktur verbunden. Die Gegenstruktur ist hierbei bearbeitet, um auslenkbar zu sein. Bei diesem Ausführungsbeispiel kann die Testmasse massiv bzw. starr sein, wobei die starre Testmasse mit der Gegenstruktur so verbunden ist, daß die Gegenstruktur dennoch verbiegbar ist. Dies wird dadurch erreicht, daß sich die Testmasse nicht über die gesamte Gegenstruktur erstreckt, so daß sich der nicht mit der Testmasse verbundene Teil der Gegenstruktur bei einer Beschleunigung verbiegen kann und eine Auslenkung der Testmasse sicherstellt.

**[0030]** Die Gegenstruktur kann ferner Perforierungen umfassen, wodurch eine höhere Verbiegbarkeit der Gegenstruktur und eine verbesserte Empfindlichkeit des Beschleunigungssensors erreicht wird. Darüber hinaus kann die Gegenstruktur auch andere Strukturen oder Elemente umfassen, die bei bekannten Beschleunigungssensoren verwendet werden. Beispielsweise kann die Gegenstruktur Federn umfassen, an denen die Testmasse aufgehängt ist.

**[0031]** Die Testmasse ist bei diesem Ausführungsbeispiel vorzugsweise einstückig mit dem verbiegbaren Bereich der Gegenstruktur gebildet.

**[0032]** Ausgehend von einer auf einem Substrat angeordneten bekannten Drucksensorstruktur kann dies erreicht werden, indem das Substrat von der Rückseite geätzt wird, um den verbiegbaren Bereich und die Testmasse zu erzeugen.

**[0033]** Bei den Ausführungsbeispielen, bei denen die Testmasse mit der Gegenstruktur verbunden ist, kann die von der Gegenstruktur abstandete Druckmeßmembran bei einer kapazitiven Erfassung der Auslenkung der Testmasse als eine Gegenelektrode verwendet werden. Aufgrund ihrer geringen Masse erfährt die Druckmeßmembran bei einer Beschleunigung im wesentlichen keine Auslenkung, so daß bei

der kapazitiven Erfassung lediglich die Auslenkung der mit der Testmasse verbundenen Gegenelektrode erfaßt wird. Die Verwendung der Druckmeßmembran als Gegenelektrode zur kapazitiven Erfassung vereinfacht ein Herstellungsverfahren, da keine zusätzlichen Herstellungsschritte zur Erzeugung einer Gegenelektrode erforderlich sind.

#### Ausführungsbeispiel

**[0034]** Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

**[0035]** Fig. 1 eine schematische Querschnittsdarstellung eines Beschleunigungssensors gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung; und

**[0036]** Fig. 2 eine schematische Querschnittsdarstellung eines Beschleunigungssensors gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

**[0037]** Unter Bezugnahme auf Fig. 1 wird nachfolgend als ein Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ein Beschleunigungssensor **100** beschrieben, bei dem eine Testmasse **110**, die mit einer Druckmeßmembran **114** verbunden ist, ein elastisches Material aufweist.

**[0038]** Gemäß Fig. 1 umfaßt der Beschleunigungssensor **100** eine Drucksensorstruktur **112**, die die verformbare Druckmeßmembran **114** und eine der Druckmeßmembran **114** gegenüberliegende Gegenstruktur **116** umfaßt. Bei diesem Ausführungsbeispiel umfaßt die Gegenstruktur **116** ein Substrat **118**, in dem eine Ausnehmung **120** gebildet ist. Vorzugsweise umfassen das Substrat **118** und die Druckmeßmembran **114** ein Halbleitermaterial. Beispielsweise kann das Substrat Silizium umfassen, während die Druckmeßmembran **114** polykristallines Silizium-Material aufweisen kann. Wie es nachfolgend genauer erklärt wird, wird der Beschleunigungssensor **100** dabei mittels Halbleiterverarbeitungstechniken, die eine Volumen-Mikromechanik-Bearbeitung (bulk-micromachining) oder einer Oberflächen-Mikromechanik-Bearbeitung (surface micromachining) umfassen können, hergestellt.

**[0039]** Wie es in Fig. 1 zu erkennen ist, ist die Druckmeßmembran **114** oberhalb der Ausnehmung **120** angeordnet, wobei die Druckmeßmembran **114** die Ausnehmung **120** vorzugsweise luftdicht abschließt, so daß ein hermetisch abgeschlossener Hohlraum gebildet ist, wie es bei einem Drucksensor zur Messung eines äußeren Drucks erforderlich ist. Die Druckmeßmembran **114** und die Ausnehmung **120** weisen in Draufsicht vorzugsweise eine rundli-

che Form auf, wodurch eine einfache Herstellung derselben möglich ist, wobei dieselben jedoch jede andere Form, beispielsweise eine rechteckige Form, umfassen können.

**[0040]** Der Beschleunigungssensor **100** umfaßt ferner eine Erfassungseinrichtung **122** zum Erfassen einer Auslenkung der Druckmeßmembran gegenüber der Gegenstruktur. Die Erfassungseinrichtung kann, wie in Fig. 1 gezeigt, piezoelektrische Widerstände aufweisen, die auf der Membran angeordnet sind. Die piezoelektrischen Widerstände, die beispielsweise Diffusionswiderstände sein können, können dabei an jeder Position der Membran gebildet sein.

**[0041]** Bei anderen Ausführungsbeispielen kann die Erfassungseinrichtung ausgebildet sein, um eine kapazitive Erfassung der Auslenkung der Druckmeßmembran gegenüber der Gegenstruktur durchzuführen, wie es auch im Stand der Technik bekannt ist. Ferner kann die Erfassungseinrichtung jeden anderen bekannten Typ von Erfassungsvorrichtungen, wie beispielsweise optische oder induktive Erfassungsvorrichtungen, umfassen, die geeignet sind eine relative Auslenkung der Druckmeßmembran gegenüber der Gegenstruktur zu messen.

**[0042]** Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 ist auf dem Substrat **118** ferner eine integrierte Auswerteschaltung **124** vorgesehen, um ein von der Erfassungseinrichtung **122** erzeugtes Meßsignal im Substrat auszuwerten. Die Auswerteschaltung **124** kann beispielsweise Referenzwiderstände aufweisen, die mit den piezoresistiven Widerständen in einer Brückenschaltung angeordnet sind. Ferner kann die Auswerteschaltung **124** aktive Bauelemente, wie beispielsweise Bipolar-Transistoren oder MOS-Transistoren, umfassen. Die Auswerteschaltung **124** kann ferner eine Analog/Digital-Wandlereinrichtung aufweisen, um das Meßsignal zu digitalisieren und eine digitale Aufbereitung und Auswertung durchzuführen.

**[0043]** Die Auswerteschaltung **124** ist mit der Erfassungseinrichtung **122** beispielsweise mittels Leiterbahnen verschaltet, um von derselben das Meßsignal zu empfangen. Die Integrierung der Auswerteschaltung **124** auf dem Substrat ermöglicht eine sichere und rauscharme Erfassung, da eine Übertragung des Meßsignals von der Erfassungseinrichtung **122** zu der Auswerteschaltung **124** kurz gehalten ist, so daß die Wahrscheinlichkeit einer Beeinflussung des Meßsignals durch elektromagnetische Störeinkopplungen gering ist.

**[0044]** Wie es in Fig. 1 zu erkennen ist, ist das Substrat **118** auf einem unteren Gehäuseabschnitt **128** angeordnet, der zusammen mit einem oberen Gehäuseabschnitt **130** ein Gehäuse **132** bildet. Vorzugsweise ist das Gehäuse **132** luftdicht ausgebildet,

um eine Beeinflussung durch äußere Größen, beispielsweise Druckschallwellen oder chemisch aktive Stoffe und Partikel, zu verhindern. Ferner verhindert das luftdichte Abschließen ein Austrocknen der elastischen Masse. Bei einem alternativen Ausführungsbeispiel kann das Gehäuse **132** auch offen sein, wobei ein Schutz gegen äußere Einflüsse und insbesondere einen auf den Beschleunigungssensor auftretenden Schall durch die elastische Testmasse **110** erreicht werden kann, wie es nachfolgend näher erläutert wird.

**[0045]** Wie es in **Fig. 1** zu erkennen ist, sind auf einer äußeren Oberfläche des unteren Gehäuseabschnitts **128** äußere Anschlußkontakte **134** angeordnet, die mit einer externen Verarbeitungs- oder Steuereinheit verbindbar sind. Die äußeren Anschlußkontakte **134** sind mit inneren Anschlußkontakten **136** verbunden, die wiederum mittels einer elektrischen Verbindungsleitung **138**, die beispielsweise einen elektrisch leitenden Draht umfassen kann, mit Anschlußflächen **140** verbunden sind, die an Randbereichen des Substrats **118** angeordnet sind.

**[0046]** Bei dem beschriebenen Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 1** ist die Testmasse **110** als eine Schicht eines elastischen Materials gebildet, das den gesamten Innenraum des Gehäuses **132** mit der Ausnahme eines Hohlraums **144** ausfüllt. Dementsprechend erstreckt sich die Testmasse-Schicht über die gesamte Druckmeßmembran und die gesamte Hauptoberfläche des Substrats **118**, auf der die Druckmeßmembran **114** und die Auswerteschaltung **124** angeordnet ist. Das Füllen des gesamten Innenraums mit der elastischen Testmasse-Schicht bietet den Vorteil einer einfachen Herstellung und erhöht gleichzeitig die Stabilität der Testmasse.

**[0047]** Die Testmasse kann ein elastisches Material, beispielsweise ein Gel wie Silikon-Gel, aufweisen, das zur Erhöhung des spezifischen Gewichts ferner in dem Gel verteilte Partikel, wie beispielsweise Festkörperteilchen, vorzugsweise aus einem Material mit einem hohen spezifischen Gewicht aufweisen kann. Beispielsweise kann das elastische Material Teilchen oder Kügelchen aus Metall umfassen, die in dem elastischen Material vorzugsweise homogen verteilt sind.

**[0048]** Ferner kann bei einem Ausführungsbeispiel zur Verstärkung einer Auslenkung der Druckmeßmembran **114** ein massiver Festkörper, wie beispielsweise eine Metallplatte, vorzugsweise auf einer oberen Oberfläche **142** der Testmasse-Schicht aus einem elastischen Material angeordnet sein. Der massive Festkörper bewirkt bei einer auftretenden Beschleunigung aufgrund seiner Trägheitskraft eine zusätzliche Kraft auf die Druckmeßmembran **114**, wodurch eine Erhöhung der Auslenkung derselben erreicht wird. Der massive Festkörper kann beispiels-

weise auch in der Testmasse-Schicht angeordnet sein, wobei jedoch zwischen dem Festkörper und der Membran eine elastische Masse vorliegen sollte, um eine Beeinflussung der Druckmeßmembran **114** durch den Festkörper zu verhindern.

**[0049]** Nachfolgend wird ein Betrieb des Beschleunigungssensors gemäß **Fig. 1** erklärt. Befindet sich der Beschleunigungssensor **100** in einem Ruhezustand oder wird der Beschleunigungssensor mit einer konstanten Geschwindigkeit bewegt, so weist die Druckmeßmembran **114** gegenüber der Gegenstruktur **116** eine Ruhelage auf. Wird der Beschleunigungssensor **100** einer Beschleunigung oder Verzögerung unterworfen, so wirkt auf jedes Element des Beschleunigungssensors **100** die Trägheitskraft. Die auftretende Trägheitskraft ist proportional zu der Masse, so daß sich aufgrund der geringen Masse für die Druckmeßmembran ohne eine Testmasse eine geringe Trägheitskraft ergibt. Dies bewirkt, daß bei einem bekannten Drucksensor die Membran bei üblichen Beschleunigungen lediglich eine vernachlässigbare Durchbiegung erfährt. Dies ist für einen Drucksensor vorteilhaft, da derselbe einen Druck ohne äußere Beeinflussungen durch die Beschleunigung erfassen kann.

**[0050]** Um jedoch einen Drucksensor erfindungsgemäß als einen Beschleunigungssensor zu verwenden, wird bei dem Ausführungsbeispiel von **Fig. 1** eine ausreichend große Masse an die Druckmeßmembran **114** angekoppelt, um eine ausreichende Empfindlichkeit zu erreichen. Eine starre Masse flächig an die Druckmeßmembran **114** anzukoppeln ist nicht vorteilhaft, da die Steifigkeit der Membran entsprechend zunehmen würde. Ferner ist eine punktuelle Aufbringung der Masse in der Mitte der Druckmeßmembran **114** aufwendig und schwierig herzustellen.

**[0051]** Um eine Verstärkung der Auslenkung der Druckmeßmembran **114** bei einer anliegenden Beschleunigung zu erreichen, wird bei dem Beschleunigungssensor **100** eine Testmasse aus einem elastischen Material verwendet. Dabei kann die Testmasse, wie es in **Fig. 1** gezeigt ist, ganzflächig über der Membran angeordnet sein, ohne daß eine Verbiegbarkeit der Druckmeßmembran **114** wesentlich beeinflusst wird. Bei einer auftretenden Beschleunigung bewirkt dies, daß die Druckmeßmembran **114** aufgrund der Trägheitskraft der Testmasse **110** eine erhöhte Kraft bzw. einen erhöhten Druck erfährt, die zu einer erfaßbaren Auslenkung der Druckmeßmembran führt.

**[0052]** Die Auslenkung der Druckmeßmembran **114** wird durch die Erfassungseinrichtung **122** erfaßt, die ein Meßsignal, das auf die Beschleunigung hinweist, erzeugt. Das Meßsignal wird in die Auswerteeinrichtung **124** eingegeben, die vorzugsweise einen Ana-

log/Digital-Wandler aufweist, um eine digitale Aufbereitung oder Verarbeitung des Meßsignals durchzuführen und ein digitales Ausgangssignal zu erzeugen, das auf die Beschleunigung hinweist. Das von der Auswerteeinrichtung **124** erzeugte Ausgangssignal wird über die Anschlußfläche **140** und die Anschlußkontakte **136** zu den äußeren Anschlußkontakten **134** übertragen. Die Anschlußkontakte **134** können beispielsweise mit einem Eingang einer Verarbeitungs- oder Steuereinrichtung verbunden sein, wobei das Ausgangssignal zur weiteren Verarbeitung, beispielsweise zur Steuerung eines Auslösens eines Airbags, zu der Verarbeitungs- oder Steuereinrichtung übertragen wird.

**[0053]** Um typische Beschleunigungen, wie sie beispielsweise in einem Kraftfahrzeug auftreten, mit einer ausreichenden Empfindlichkeit zu erfassen, ist es erforderlich, die elastische Masse geeignet auszuwählen und zu dimensionieren. Ein typischer und gut erfaßbarer Wert eines Drucks eines Drucksensors gemäß der in der **Fig. 1** gezeigten Drucksensorstruktur **112** liegt bei einem Membrandurchmesser von etwa 40 µm bei etwa 0,1 bar. Ferner umfaßt ein typischer Wert in einem Meßbereich eines typischen Beschleunigungssensors, wie er bei einem Kraftfahrzeug verwendet wird, etwa 50 g ( $g = \text{Erdbeschleunigung} \approx 9,81 \text{ m/s}^2$ ).

**[0054]** Ein Druck  $p$ , der auf die Druckmeßmembran **114** ausgeübt wird, läßt sich gemäß der folgenden Formel berechnen.

$$p = K/\Delta A = (m \times b)/\Delta A = (\Delta A \times h \times \rho \times b)/\Delta A$$

**[0055]** Die in der obigen Formel verwendeten Ausdrücke weisen dabei die folgenden Bedeutungen auf:

$p$  = Druck

$K$  = Kraft

$\Delta A$  = Fläche

$m$  = Masse

$b$  = Beschleunigung

$h$  = Dicke der elastischen Masse

$\rho$  = Spez. Gewicht

**[0056]** Aus der obigen Formel kann die Dicke der elastischen Masse berechnet werden. Es gilt:

$$h = p/(\rho \times b)$$

**[0057]** Mit den oben beschriebenen Werten der Meßbereiche eines bekannten Drucksensors und eines typischen Beschleunigungssensors, d. h.  $p = 0,1$  bar und  $b = 50$  g, und einem typischen spezifischen Gewicht für Silikon-Gel von  $5 \text{ kg/dm}^3$  ergibt sich aufgrund der obigen Formel eine Dicke der elastischen Masse von 4 mm. Das spezifische Gewicht der elastischen Masse kann, wie es oben bereits erwähnt wurde, beispielsweise mittels Partikeln verändert werden, so daß die elastische Masse eine geringere

Dicke aufweisen kann. Ebenso kann durch das Vorsehen eines massiven Körpers, wie beispielsweise einer Metallplatte, die Dicke der elastischen Masse verkleinert werden. Aufgrund der obigen Rechnung kann gefolgert werden, daß es für eine elastische Masse aus Silikon-Gel mit Schichtdicken, die größer als etwa 1 mm sind, ohne weiteres möglich ist, einen Drucksensor auch zum Messen von Beschleunigungen zu verwenden.

**[0058]** Bei dem in **Fig. 1** beschriebenen Ausführungsbeispiel weist der Beschleunigungssensor ein Gehäuse auf. Im Gegensatz zu einem Drucksensor ähnlicher Bauart sollte der Beschleunigungssensor gegenüber der Umgebung desselben vorzugsweise luftdicht verschlossen sein. Der bei dem Beschleunigungssensor **100** vorgesehene Hohlraum **144** zwischen dem oberen Gehäuseabschnitt **130** und der Testmasse-Schicht aus einem elastischen Material kann gasgefüllt oder auch luftleer sein. Ferner kann das Gehäuse auch vollständig mit der elastischen Masse ausgefüllt sein. Unter bestimmten Randbedingungen ist es auch möglich, den Sensor nicht luftdicht zu verschließen oder offen zu lassen. Diese Randbedingungen treten auf, wenn der auftreffende Schall durch die elastische Masse, die beispielsweise ein Gel ist, so stark gedämpft wird, daß der Drucksensor kein Signal mehr generiert.

**[0059]** Erfindungsgemäß wird der oben beschriebene Beschleunigungssensor ausgehend von einer Drucksensorstruktur mit einer auslenkbaren Druckmeßmembran und einer Gegenstruktur, gegenüber der die Druckmeßmembran auslenkbar ist, hergestellt. Die Drucksensorstruktur kann mit den im Stand der Technik bekannten Verfahren, beispielsweise der Volumen-Mikromechanik-Bearbeitung oder der Oberflächen-Mikromechanik-Bearbeitung erzeugt werden. Vorzugsweise wird die Erfassungseinrichtung ebenfalls vor dem Verbinden der Testmasse erzeugt. Die Erfassungseinrichtung kann dabei entsprechend zu einer Drucksensor-Erfassungseinrichtung ausgebildet sein. Dies bietet den Vorteil, daß die Erfassungseinrichtung bereits bei der Herstellung der Drucksensorstruktur mittels der für die Drucksensor-Erfassungseinrichtung vorgesehenen Schritte erzeugt werden kann, so daß zur Erzeugung der Erfassungseinrichtung keine neuen Herstellungsschritte erforderlich sind. Ferner ist ein Erzeugen der Erfassungseinrichtung nach dem Aufbringen der Testmasse beispielsweise bei piezoresistiver Erfassung nicht möglich, wenn die Testmasse vollflächig mit der Druckmeßmembran verbunden ist.

**[0060]** Um den oben beschriebenen Beschleunigungssensor **100** aus der Drucksensorstruktur zu erzeugen, ist es erforderlich, die Testmasse bereitzustellen und dieselbe mit der Druckmeßmembran zu verbinden. Das Verbinden der Testmasse mit der Druckmeßmembran kann auf eine einfache Weise,

beispielsweise durch ein Füllen des unteren Gehäuseabschnitts mit dem elastischen Material erfolgen, wobei sich das elastische Material nach dem Füllen über die Druckmeßmembran und den gesamten Beschleunigungssensor verteilt.

**[0061]** Unter Bezugnahme auf **Fig. 2** wird nachfolgend ein weiteres Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung erklärt. Im Unterschied zu dem Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 1** wirkt bei diesem Ausführungsbeispiel die Gegenstruktur der Drucksensorstruktur und nicht die Druckmeßmembran als Auslenkungs-Element, das bei einer Beschleunigung ausgelenkt wird.

**[0062]** Gemäß **Fig. 2** weist der Beschleunigungssensor **200** eine Drucksensorstruktur **210** auf, die eine Druckmeßmembran **212** und eine Gegenstruktur **214** umfaßt. Eine obere Oberfläche **214a** der Gegenstruktur **214** liegt einer unteren Oberfläche **212a** der Druckmeßmembran **212** gegenüber. Entsprechend zu dem Ausführungsbeispiel von **Fig. 1** weist die Drucksensorstruktur **210** einen Drucksensor-Hohlraum **216** auf, der durch die Druckmeßmembran **212** und die Gegenstruktur begrenzt wird.

**[0063]** Im Unterschied zu dem Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 1** weist der Beschleunigungssensor **200** eine starre Testmasse **218** auf, wobei die starre Testmasse **218** und die Gegenstruktur **214** vorzugsweise einstückig gebildet sind. Die Testmasse **218**, die sich in einer Ausnehmung **220** eines Substrats **222** befindet, ist mit einer unteren Oberfläche **214b** der Gegenstruktur **214** verbunden. Die Ausnehmung **220** wird von einer Abdeckung **224** verschlossen, so daß die Ausnehmung **220** einen Hohlraum bildet, der vorzugsweise luftdicht abgeschlossen ist.

**[0064]** Ferner weist die Gegenstruktur **214** bei diesem Ausführungsbeispiel eine dünne Schicht auf, die sich über das Substrat **222** erstreckt. Das Substrat und die Testmasse können ein Halbleitermaterial, wie beispielsweise Silizium, umfassen, wobei auch die Druckmeßmembran **212** ein Halbleitermaterial, beispielsweise polykristallines Silizium, aufweist.

**[0065]** Im Unterschied zu dem Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 1** wirkt bei diesem Ausführungsbeispiel die durch eine dünne Schicht gebildete Gegenstruktur **214** als das Auslenkungs-Element, das bei einer Beschleunigung des Beschleunigungssensors **200** eine Durchbiegung erfährt und dadurch eine Auslenkung der Gegenstruktur relativ zu der Druckmeßmembran bewirkt. Um eine derartige Durchbiegung zu erreichen, ist es erforderlich, daß die Gegenstruktur dünn ausgebildet ist. Die Gegenstruktur kann beispielsweise als eine dünne Schicht ausgebildet sein, die vorzugsweise eine Dicke von etwa 1 µm aufweist, um die ausreichende Beweglichkeit der Testmasse **218** zu ermöglichen. Die dünne Gegenstruk-

tur-Schicht kann, wie in **Fig. 2** gezeigt, die Ausnehmung **220** vollständig bedecken. Zur Erhöhung einer Auslenkbarkeit kann die Gegenstruktur ferner Gräben umfassen. Die Gegenstruktur **214** kann ferner bei einem Ausführungsbeispiel eine Schicht umfassen, die bei einer Ätzung des Substrats **222** als eine Stoppschicht wirkt, wie es nachfolgend genauer erklärt wird.

**[0066]** Die Testmasse **218** kann, wie es in **Fig. 2** gezeigt ist, eine starre Masse aufweisen, wobei dieselbe jedoch nicht ganzflächig über die Gegenstruktur **214** aufgebracht ist. Dadurch bleibt die Gegenstruktur in den Bereichen, die nicht mit der Testmasse **218** verbunden sind, d. h. bei diesem Ausführungsbeispiel an den seitlichen Bereichen derselben, elastisch, so daß bei einer auftretenden Beschleunigung eine Auslenkung der Gegenstruktur gegenüber der Druckmeßmembran **212** auftreten kann. Vorzugsweise wird die starre Testmasse auf der Gegenstruktur **214** zentral angeordnet, um eine symmetrische Auslenkung der Gegenstruktur bezüglich der Druckmeßmembran zu erreichen.

**[0067]** Die Testmasse kann jedoch wie bei dem unter Bezugnahme auf **Fig. 1** erklärten Ausführungsbeispiel eine elastische Masse umfassen, die ganzflächig auf der Gegenstruktur aufgebracht ist. Ferner kann auch zusätzlich zu der starren Testmasse **218** eine in der Ausnehmung **220** angeordnete elastische Testmasse vorgesehen sein, die eine zusätzliche Auslenkung der Gegenstruktur **218** bei einer Beschleunigung und ferner eine Stabilisierung der Testmasse **218** bewirkt.

**[0068]** Bei einem Ausführungsbeispiel kann die Gegenstruktur **214** Perforierungen in dem Bereich aufweisen, an dem nicht die Testmasse angebracht ist, wodurch die Gegenstruktur eine erhöhte Elastizität für eine Auslenkung der Testmasse aufweist. Bei anderen Ausführungsbeispielen kann die Gegenstruktur **214** auch Elemente und Strukturen aufweisen, die aus dem Stand der Technik zum Erreichen einer Auslenkung bei einer Beschleunigung bekannt sind. Derartige Strukturen umfassen beispielsweise eine Struktur, bei der die Testmasse **218** an elastischen Federn aufgehängt ist.

**[0069]** Auf der Gegenstruktur **214** ist eine weitere Schicht **226** gebildet, in der der Drucksensor-Hohlraum **216** angeordnet ist. Wie bei dem Ausführungsbeispiel von **Fig. 1** ist bei dem Beschleunigungssensor **200** eine integrierte Auswerteschaltung vorgesehen, die auf der Schicht **226** gebildet ist.

**[0070]** Entsprechend zu dem Ausführungsbeispiel von **Fig. 1** kann der Beschleunigungssensor **200** bekannte Erfassungseinrichtungen, wie beispielsweise kapazitive oder piezoresistive Erfassungseinrichtungen, aufweisen, um die Auslenkung der Gegenstruk-

tur **214** relativ zu der Druckmeßmembran zu erfassen. Dabei besteht ein Vorteil der Verwendung einer Drucksensorstruktur darin, daß die Druckmeßmembran **212** zur Erfassung einer Auslenkung der Gegenstruktur **214** verwendbar ist. Beispielsweise können die Gegenstruktur **214** und die Druckmeßmembran **212** leitfähig ausgebildet sein, so daß zwischen denselben eine Kapazität gebildet ist, die zur Erfassung einer Auslenkung der Gegenstruktur **214** relativ zu der Druckmeßmembran **212** eingesetzt werden kann. Die Schicht **226** stellt dabei die elektrische Isolierung zwischen der Druckmeßmembran **212** und der Gegenstruktur **214** sicher. Die Druckmeßmembran **212** wirkt in diesem Fall als eine Gegenelektrode, wobei dieselbe aufgrund der geringen Masse bei einer Beschleunigung keine wesentliche Auslenkung erfährt, so daß bei einer Beschleunigung die Kapazitätsänderung auf eine Auslenkung der Gegenstruktur **214** hinweist.

**[0071]** Wird die Druckmeßmembran **212** als Gegenelektrode zur kapazitiven Erfassung verwendet, so sollte der zwischen der Druckmeßmembran **212** und der Gegenstruktur **214** gebildete Hohlraum **216** vorzugsweise ein Vakuum aufweisen oder belüftet sein, um zu verhindern, daß bei einer Auslenkung der Gegenstruktur **214** eine Druckänderung in dem Hohlraum **216** entsteht, die eine Veränderung der Lage der Druckmeßmembran **212** bewirken kann.

**[0072]** Ein weiterer Vorteil der Verwendung der Drucksensorstruktur besteht darin, daß die Druckmeßmembran **212** als eine Abdeckung wirkt, die die Gegenstruktur **214** beispielsweise vor unerwünschten Kontaminationen schützt. Zusätzlich kann der Beschleunigungssensor **200** jedoch wie bei dem unter Bezugnahme auf **Fig. 1** beschriebenen Ausführungsbeispiel eine Abdeckung aufweisen, die den gesamten Beschleunigungssensor **200** einschließlich der Druckmeßmembran **212** luftdicht abschließt.

**[0073]** Wird, wie es bei dem Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 2** gezeigt ist, die Testmasse mit der Gegenstruktur verbunden, so werden die Testmasse und die Gegenstruktur vorzugsweise einstückig gebildet. Die Herstellung einer solchen Struktur wird nachfolgend näher beschrieben.

**[0074]** Ausgangspunkt der folgenden Beschreibungen ist ein herkömmlicher, mit den Mitteln der Oberflächenmechanik hergestellter Drucksensor, der auf einem Siliziumsubstrat angeordnet ist. Bei dem nachfolgend beschriebenen Verfahren wird eine Stoppschicht verwendet, die beispielsweise zwischen dem Substrat **222** und der Struktur **214** angeordnet sein kann. Mit den bekannten Mitteln der Volumen-Mikromechanik wird das Siliziumsubstrat von der Scheibenrückseite bis auf die entsprechende Stoppschicht geätzt, so daß eine dünne Schicht aus Silizium entsteht, die beispielsweise eine Dicke von

etwa 1 µm aufweist und als elastischer Bereich der Gegenstruktur wirkt. Diese Ätzung wird vorzugsweise als Trockenätzung ausgeführt. So können mit entsprechend steilen Ätzflanken kleine Sensorabmessungen erreicht werden.

**[0075]** Zur Durchführung wird eine Maske verwendet, so daß über die Maske die Testmasse in der Dicke des Substrats erzeugt wird, die von dem dünnen Bereich der Gegenstruktur umgeben ist. Die Masse wird über eine weitere Maske vorzugsweise noch um einige um gedünnt, um eine freie Beweglichkeit nach dem Verschluß des Sensors zu erreichen.

**[0076]** Der Sensor wird an der Rückseite, d.h. der Oberfläche **222a**, mit einer Platte luftdicht verschlossen, was beispielsweise durch ein Bonden einer Scheibe aus Silizium auf die Oberfläche **222a** erfolgen kann. Der Sensor kann somit vorteilhaft auf eine einfache Weise, beispielsweise mit einer planaren Platte, verschlossen werden.

**[0077]** Ein weiterer Vorteil des oben beschriebenen Herstellungsverfahrens besteht darin, daß die bekannte Siliziumtechnologie zur Herstellung des Sensors verwendet werden kann, wobei ein Vorteil insbesondere darin besteht, daß das auslenkbare Element das mechanisch ideale monokristalline Silizium aufweisen kann.

**[0078]** Bei dem oben beschriebenen Herstellungsverfahren kann ferner der gebildete dünne Bereich der Gegenstruktur einem weiteren Ätzvorgang unterworfen werden, um Strukturen, wie beispielsweise Perforierungen in dem dünnen Bereich oder elastische Stege zu erzeugen. Die erzeugten Strukturen dienen dazu, eine Verformbarkeit des dünnen Bereichs zu erhöhen, wodurch die Empfindlichkeit verbessert wird.

**[0079]** Damit der aus der Drucksensorstruktur Beschleunigungssensor tatsächlich zur Messung von Beschleunigungen geeignet ist, wird die in der Gegenstruktur erzeugte Testmasse geeignet dimensioniert. Dies wird nachfolgend näher erläutert.

**[0080]** Geht man von der Kraft  $F$ , die bei einer Beschleunigung  $a$  auf das auslenkbare Element wirkt, aus, so ergibt sich mit der Dichte  $\rho$  und dem Volumen  $V$  der Testmasse folgender Ausdruck:

$$F = \rho \cdot V \cdot a$$

**[0081]** Nimmt man an, daß die Testmasse wie auch der dünnen Bereich um die Testmasse herum eine runde Form aufweisen und daß sich die Testmasse ferner über einen sehr weiten Bereich der Gegenstruktur erstreckt, so kann man für die Bestimmung des Volumens der Testmasse den Durchmesser der Testmasse näherungsweise gleich dem Durchmes-

ser der Gegenstruktur setzen. Geht man von einer Gegenstruktur mit einem Durchmesser von 2 mm aus, so ergibt sich folglich der Durchmesser der Testmasse ebenfalls mit ungefähr 2 mm. Nimmt man einen für den Meßbereich eines Beschleunigungsmessers typischen Wert von 50 g an, so ergibt sich mit einer Dichte von Silizium von  $2,33 \text{ g/cm}^3$  gemäß der obigen Formel eine Kraft von  $2,5 \cdot 10^{-3} \text{ N}$ .

**[0082]** Gemäß der bekannten Formel  $p = F/A$  kann der Druck auf die Gegenstruktur berechnet werden, wobei sich für die obigen Werte ein Wert von 8 mbar ergibt. Dieser Wert liegt innerhalb eines Meßbereichs, der von bekannten Drucksensoren erfaßt werden kann. Gemäß der obigen Rechnung entstehen somit für einen typischen Meßbereichs-Wert eines Beschleunigungssensors Kräfte bzw. Drücke, die mit herkömmlichen Drucksensoren erfaßbar sind, wodurch gezeigt ist, daß der Beschleunigungssensor für typische Anwendungen, wie beispielsweise als Airbag-Sensor in einem KFZ geeignet ist.

**[0083]** Zusammenfassend wird darauf hingewiesen, daß der Drucksensor erfindungsgemäß dahingehend modifiziert wird, daß eine Testmasse auf der Druckmeßmembran aufgebracht wird, so daß eine Auslenkung der Membran proportional zur Beschleunigung ist, oder daß die Gegenstruktur elastisch ausgeführt ist und mit einer Testmasse versehen wird, so daß die Auslenkung der Gegenstruktur bezüglich der Druckmeßmembran proportional zur Beschleunigung ist.

#### Bezugszeichenliste

<b>100</b>	Beschleunigungssensor
<b>110</b>	Testmasse
<b>112</b>	Drucksensorstruktur
<b>114</b>	Druckmeßmembran
<b>116</b>	Gegenstruktur
<b>118</b>	Substrat
<b>118a</b>	Hauptoberfläche
<b>118b</b>	Hauptoberfläche
<b>120</b>	Ausnehmung
<b>122</b>	Erfassungseinrichtung
<b>124</b>	Auswerteschaltung
<b>126</b>	Anschlußbereich
<b>128</b>	Gehäuseabschnitt
<b>130</b>	Gehäuseabschnitt
<b>132</b>	Gehäuse
<b>134</b>	Anschlußkontakte
<b>136</b>	Anschlußkontakte
<b>138</b>	Verbindungsleitung
<b>140</b>	Anschlußflächen
<b>142</b>	Oberfläche
<b>144</b>	Hohlraum
<b>200</b>	Beschleunigungssensor
<b>210</b>	Drucksensorstruktur
<b>212</b>	Druckmeßmembran
<b>212a</b>	Oberfläche
<b>214</b>	Gegenstruktur

<b>214a</b>	Oberfläche
<b>214b</b>	Oberfläche
<b>216</b>	Hohlraum
<b>218</b>	Testmasse
<b>220</b>	Ausnehmung
<b>222</b>	Substrat
<b>222a</b>	Oberfläche
<b>224</b>	Abdeckung
<b>226</b>	Schicht
<b>228</b>	Auswerteschaltung

#### Patentansprüche

1. Beschleunigungssensor (**200**) mit folgenden Merkmalen:  
einer Druckmeßmembran (**212**);  
einer von der Druckmeßmembran beabstandeten Gegenstruktur (**116**; **214**);  
einer Testmasse (**218**), die mit der Gegenstruktur (**214**) verbunden ist, um abhängig von einer angelegten Beschleunigung aus einer Ruheposition ausgelenkt zu werden, wobei eine Auslenkung der Testmasse (**218**) zu einer Änderung eines Abstands zwischen der Druckmeßmembran (**212**) und der Gegenstruktur (**214**) führt; und  
einer Erfassungseinrichtung (**122**) zum Erfassen des Abstands oder der Änderung des Abstands zwischen der Druckmeßmembran (**212**) und der Gegenstruktur (**214**).

2. Beschleunigungssensor (**200**) nach Anspruch 1, bei der die Testmasse (**218**) eine starre Masse umfaßt, die mit der Gegenstruktur (**214**) verbunden ist.

3. Beschleunigungssensor (**200**) nach Anspruch 1 oder 2, bei der die Testmasse (**218**) und die Gegenstruktur (**214**) einstückig gebildet sind.

4. Beschleunigungssensor (**200**) nach Anspruch 1, bei der die Testmasse (**218**) ein elastisches Material oder eine Flüssigkeit aufweist.

5. Beschleunigungssensor (**100**; **200**) mit folgenden Merkmalen:  
einer Druckmeßmembran (**114**; **212**); einer von der Druckmeßmembran beabstandeten Gegenstruktur (**116**; **214**);  
einer elastischen Testmasse (**110**; **218**), die mit der Druckmeßmembran (**114**; **212**) oder der Gegenstruktur (**116**; **214**) verbunden ist, um abhängig von einer angelegten Beschleunigung aus einer Ruheposition ausgelenkt zu werden, wobei eine Auslenkung der Testmasse (**110**; **218**) zu einer Änderung eines Abstands zwischen der Druckmeßmembran (**114**; **212**) und der Gegenstruktur (**116**; **214**) führt, wobei die Testmasse (**110**) ein elastisches Material mit Festkörperteilchen aufweist; und  
einer Erfassungseinrichtung (**122**) zum Erfassen des Abstands oder der Änderung des Abstands zwischen der Druckmeßmembran (**114**; **212**) und der Gegen-

struktur (**116**; **214**).

6. Beschleunigungssensor nach Anspruch 5, bei dem die Membran (**114**) als Druckmeßmembran ausgebildet ist.

7. Beschleunigungssensor nach Anspruch 5 oder 6, bei dem die elastische Testmasse (**110**) ein Gel umfaßt.

8. Beschleunigungssensor nach einem der Ansprüche 5 bis 7, bei dem eine Elastizität der elastischen Testmasse (**110**) größer oder gleich einer Elastizität der Membran ist.

9. Beschleunigungssensor (**100**) nach einem der Ansprüche 5 bis 8, bei dem das elastische Material in einer Schicht auf der Druckmeßmembran vorhanden ist und eine Dicke der Schicht (**110**) größer als 1 mm ist.

10. Beschleunigungssensor nach einem der Ansprüche 6 bis 8, der ferner einen Festkörper aufweist, der mit der Testmasse (**110**) aus einem elastischen Material verbunden ist.

11. Beschleunigungssensor (**100**; **200**) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, der ferner eine Abdeckung aufweist.

12. Beschleunigungssensor (**100**; **200**) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, bei dem die Abdeckung (**128**, **132**; **224**) ausgebildet ist, um den Beschleunigungssensor luftdicht abzuschließen.

13. Beschleunigungssensor (**100**; **200**) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, der ferner eine auf einem Substrat integrierte Auswerteschaltung (**124**; **228**) zum Auswerten eines von der Erfassungseinrichtung (**122**) erzeugten Signals aufweist.

14. Beschleunigungssensor (**100**; **200**) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, bei der die Erfassungseinrichtung (**122**) einen piezoresistiven Widerstand (**122**) umfaßt.

15. Beschleunigungssensor (**100**; **200**) nach einem der Ansprüche 1 bis 14, bei der zwischen der Druckmeßmembran (**114**; **212**) und der Gegenstruktur (**116**; **214**) eine Kapazität gebildet ist, wobei die Erfassungseinrichtung ausgebildet ist, um eine Änderung der Kapazität zu erfassen.

16. Verfahren zum Herstellen eines Beschleunigungssensors (**100**; **200**) aus einer Drucksensorstruktur mit einer Druckmeßmembran (**114**; **212**) und einer Gegenstruktur (**116**; **214**), mit folgenden Schritten:  
Bereitstellen einer Testmasse (**110**; **218**), die mit der Gegenstruktur (**214**) verbunden ist, um abhängig von

einer angelegten Beschleunigung aus einer Ruhelage ausgelenkt zu werden, wobei eine Auslenkung der Testmasse (**110**; **218**) zu einer Änderung eines Abstands zwischen der Druckmeßmembran (**114**; **212**) und der Gegenstruktur (**116**; **214**) führt; und Bereitstellen einer Erfassungseinrichtung (**122**) zum Erfassen des Abstands oder der Änderung des Abstands der Druckmeßmembran (**114**; **212**) gegenüber der Gegenstruktur (**116**; **214**).

17. Verfahren nach Anspruch 16, das ferner den Schritt eines Erzeugens einer Abdeckung (**128**, **132**; **224**) zum luftdichten Abschließen des Beschleunigungssensors aufweist.

18. Verfahren nach Anspruch 16 oder 17, bei dem der Schritt des Bereitstellens einer Testmasse (**110**) ein Bereitstellen einer Testmasse aus einem elastischen Material umfaßt.

19. Verfahren nach Anspruch 16 oder 17, bei dem der Schritt des Bereitstellens einer Testmasse (**218**) das Bereitstellen einer starren Testmasse umfaßt, die mit der Gegenstruktur verbunden ist.

20. Verfahren nach Anspruch 19, bei dem die Drucksensorstruktur ein Substrat mit einer ersten Oberfläche, von der beabstandet die Druckmeßmembran (**212**) angeordnet ist, und einer der ersten Oberfläche gegenüberliegenden zweiten Oberfläche (**222a**) aufweist, wobei der Schritt des Bereitstellens der Testmasse (**218**) folgende Schritte umfaßt:  
Erzeugen einer Maske auf der zweiten Oberfläche (**222a**);  
teilweise Ätzen des Substrats (**222**) unter Verwendung der Maske, wodurch in der Gegenstruktur (**214**) ein auslenkbarer Bereich (**214**) und die Testmasse (**218**) erzeugt werden.

21. Verfahren nach Anspruch 20, das ferner die folgenden Schritte aufweist:  
Rückätzen der Testmasse (**218**); und  
Verschließen der zweiten Oberfläche (**222a**).

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

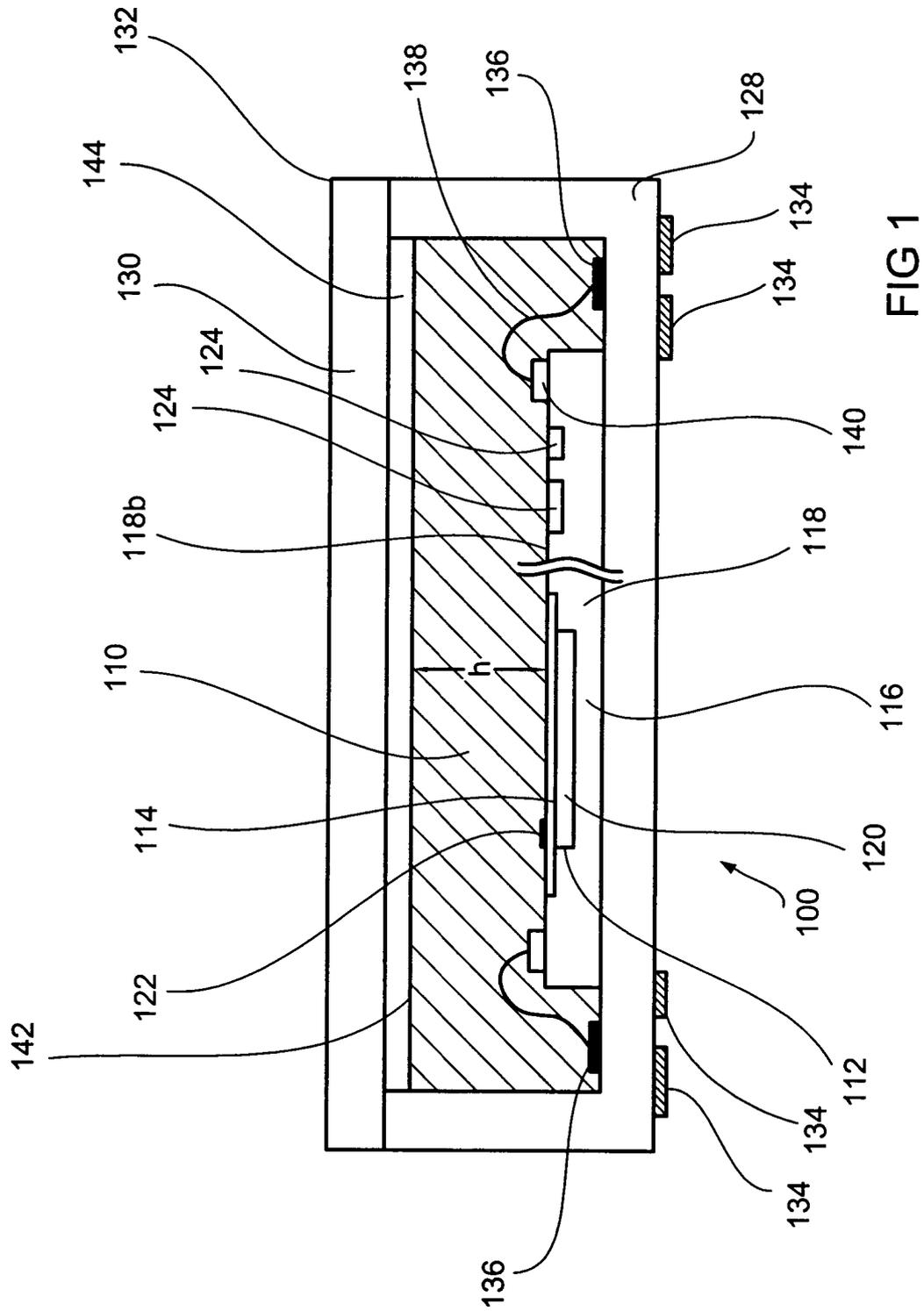


FIG 1

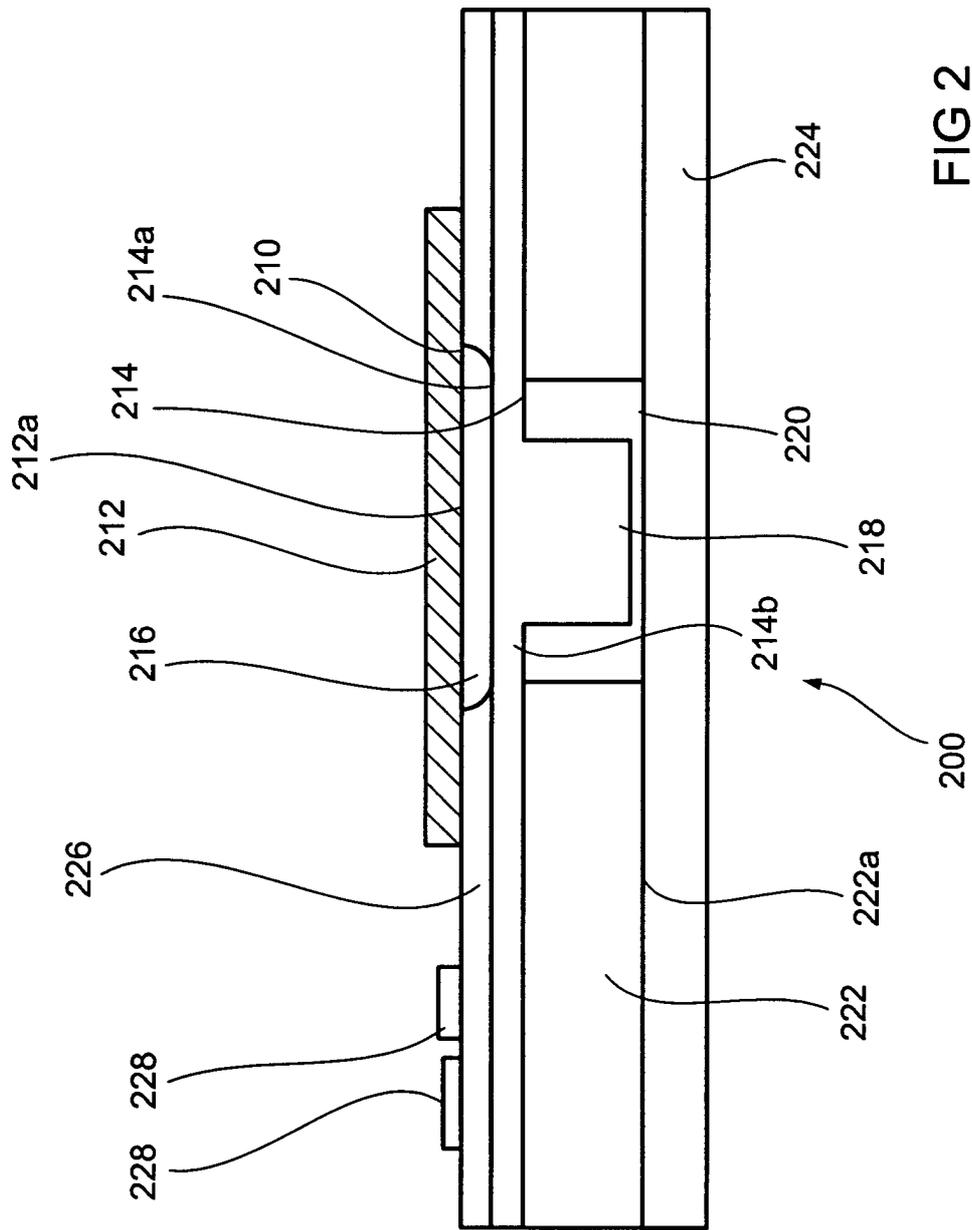


FIG 2